

Method for knowledge-based planning of a complex technical system**Patent number:** DE19918810**Publication date:** 2000-11-02**Inventor:** HEIZMANN AXEL (DE); SPEH RAINER (DE); WILHELM GEORG (DE);
TUETKEN TILMAN (DE); SCHMIEGA MANFRED (DE); WOYZESCHKE
PETER (DE)**Applicant:** ABB PATENT GMBH (DE)**Classification:****- international:** G05B17/00; G05B15/00; G06F17/50**- european:** G05B17/02**Application number:** DE19991018810 19990426**Priority number(s):** DE19991018810 19990426**Also published as:**

EP1048993

JP20003572

EP1048993

Abstract not available for DE19918810

Abstract of correspondent: **EP1048993**

The method involves dividing the system into primary and secondary technical parts; dividing the primary part in general process modules (PM) with adaptable component place-holders (H); defining classes (KL) and storing in a catalogue (KAT); forming specific process module variants in a top-down process; and generating secondary technical results using a bottom-up process for further processing via an application programming interface (AP



Offenlegungsschrift
DE 199 18 810 A 1

Int. Cl.⁷:
G 05 B 17/00
G 05 B 15/00
G 06 F 17/50

DE 199 18 810 A 1

GOMERSALL, Russel, u.a.: Ein Expertensystem zur Modellierung, Regelung und Überwachung bioverfahrenstechnischer Prozesse. In: at - Automatisierungstechnik 46, 1998, 8, S.368-374;
LAUZI, Markus: Simulation in der Entwicklung. In: Elektronik 3, 1997, S.66-71;

Das Diagramm zeigt die Datenflussarchitektur zwischen der Primärtechnik (links) und der Sekundärtechnik (rechts). Die vertikale Achse ist mit 'Top' (oben) und 'Down' (unten) für die Primärtechnik sowie 'Up' (oben) und 'Bottom' (unten) für die Sekundärtechnik beschriftet.

Primärtechnik (links):

- Top:** Zwei Dokumenten-Symbole (P1, P2) mit einem Fragezeichen. Ein Pfeil führt von P2 zu einem Prozessmodul (PM), das zwei H-Symbole enthält.
- Prozess Module:** Ein Pfeil führt von PM zu einem Modul (M) in einem SPM (Speicher-Modul).
- Bottom:** Ein Modul (M) in einem SPM, das mit einem K-Symbol verbunden ist. Ein Pfeil führt von diesem SPM zu einem GSPM (Gemeinsamer Speicher-Modul).

Sekundärtechnik (rechts):

- Top:** Ein Dokumenten-Symbol (P3) führt zu einem Modul (A) mit einem primären Ausgabepfeil (A_{prim}). Ein Pfeil führt von A zu einem Modul (&), das mit einem D-Symbol verbunden ist. Ein Pfeil führt von & zu einem Modul (VE) mit einem API-Symbol.
- Update:** Ein Pfeil führt von A zu einem Modul (A) mit einem primären Ausgabepfeil (A_{prim}). Ein Pfeil führt von A zu einem Modul (&), das mit einem D-Symbol verbunden ist. Ein Pfeil führt von & zu einem Modul (VE) mit einem API-Symbol.
- Bottom:** Ein Pfeil führt von einem Modul (M) in einem GSPM zu einem Modul (&), das mit einem D-Symbol verbunden ist. Ein Pfeil führt von & zu einem Modul (VE) mit einem API-Symbol.

Gemeinsame Komponenten:

- editieren:** Ein Pfeil führt von einem Modul (M) in einem GSPM zu einem Modul (&), das mit einem D-Symbol verbunden ist.
- KAT:** Ein Modul (KAT) mit einem K-Symbol, das mit einem KL-Symbol verbunden ist.
- ASS:** Ein Modul (ASS) mit einem K-Symbol, das mit einem KL-Symbol verbunden ist.

15

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur wissensbasierten Planung eines komplexen technischen Systems, wie beispielsweise einer Kraftwerksanlage.

Teile einer solchen wissensbasierten Planung sind beispielsweise bereits in der EP-A1-0 770 945 und in der EP-A1-0 770 944 beschrieben. Es ist daraus allerdings kein durchgängiges Verfahren für eine Planung sowohl eines primärtechnischen als auch wenigstens eines sekundärtechnischen Teils einer Anlage oder eines Gerätes entnehmbar.

Die EP-A1-0 770 945 bezieht sich auf eine automatische Erstellung eines verfahrenstechnischen Schemas, wobei eine Umsetzung eines abstrakten verfahrenstechnischen Schemas in ein konkretes Schema durch Bearbeiten von Baugruppen einer obersten Ebene einer hierarchischen Baugruppen-Anordnung erfolgt. Dabei erfolgt eine Umsetzung von sogenannten Platzhaltern in konkrete Komponenten, indem in Abhängigkeit von Abbildungsvorschriften und Eingabevektoren unterlagerte Baugruppen aufgerufen und bearbeitet werden.

Die EP-A1-0 770 944 beschreibt ein Verfahren zur automatisierten Generierung von leittechnischen Strukturen. Diese Generierung setzt voraus, daß ein verfahrenstechnisches Schema vorhanden ist, wie zuvor beschrieben. Die leittechnischen Strukturen werden als konkrete Generixe in Form von Datensätzen erzeugt. Die konkreten Generixe sind nach leittechnischen Funktionen zeilenweise aufgebaut. Jede Zeile ist untergliedert in Angaben zum Wirkungsort, Verarbeitung, leittechnische Bedingung und Zustand. Das Verfahren benutzt als Wissensbasis abstrakte Generixe, die schrittweise gemäß einer gespeicherten Suchanweisung konkretisiert werden. Die erzeugten leittechnischen Strukturen lassen sich in Form von Funktionsplänen darstellen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, auf dem vorgenannten Stand der Technik aufbauend ein Verfahren zur Gesamtplanung eines komplexen technischen Systems anzugeben. Das Verfahren soll als wissensbasiertes Werkzeug für Co-Design-Prozesse anwendbar sein.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur wissensbasierten Planung mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in weiteren Ansprüchen angegeben.

Das Verfahren ist im Prinzip zweistufig, enthält aber optional einen Zwischenschritt zur Änderung von Planungsergebnissen oder Zwischenergebnissen.

Das Verfahren kann vorteilhaft mit einem Dialogsystem zur Führung eines Benutzers in einer Aufbereitungs- und Eingabephase ausgestattet werden, wonach anschließend automatisiert und wissensbasiert Planungsergebnisse erarbeitet und ausgegeben werden.

Eine weitere Beschreibung des Verfahrens erfolgt nachstehend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels.

Fig. 1 zeigt eine schematisierte Darstellung des Planungsablaufs, der in einen primärtechnischen und mindestens einen sekundärtechnischen Teil gegliedert ist.

Mit Primärtechnik ist ein erster Teil des Planungsprozesses bezeichnet, der sich auf das Grunddesign einer Anlage oder eines Gerätes bezieht. Die Primärtechnik ist führend für die Gesamtplanung. Beispielsweise ist im Fall eines Kraftwerks die verfahrenstechnische Auslegung führend. Dazu gehören z. B. die Auslegung von Kessel, Turbine, Generator und Rohrleitungssystem.

Mit Sekundärtechnik wird ein zweiter Teil des Planungsprozesses bezeichnet, der die eigentlichen detaillierten Ergebnisse liefert. Aufbauend auf Ergebnissen des ersten Teils des Planungsprozesses können mehrere Sekundärtechniken

geplant werden, wie z. B. das Kraftwerksleitsystem, die elektrische Ausrüstung oder die Gebäude, wobei in Fig. 1 nur eine Sekundärtechnik dargestellt ist.

Ergebnisse des primärtechnischen Planungsteils, insbesondere auch durch die sekundärtechnische Planung aktualisierte primärtechnische Planungsergebnisse Aprim können bei Bedarf mittels einer Ausgabeeinrichtung A ausgegeben werden.

Der erste Planungsteil wird als Top-Down-Prozess für unterschiedliche klar abgrenzbare Aufgabenbereiche der Primärtechnik durchgeführt. Diese Aufgabenbereiche sind als Prozeß-Module PM bezeichnet, die z. B. eine Speisewasseraufbereitung oder ein Pumpenantrieb sein können.

In einer vor einer ersten Anwendung des Planungswerkzeugs durchzuführenden Wissensaufbereitung werden die Prozeßmodule PM dadurch in anpassungsfähiger Form zur Verfügung gestellt, daß sogenannte Platzhalter H für Komponenten, wie z. B. Pumpen oder Ventile angeordnet werden. Die Module PM können in graphischer oder datentechnischer Form geschaffen werden.

Außerdem werden in einem zweiten Aufbereitungsprozeß Klassen KL im objektorientierten Sinn einschließlich zugehöriger Attribute und Informationen K definiert und in einem Katalog KAT gespeichert. Eine solche Klasse oder ein solches Objekt kann beispielsweise eine einzelne Meßstelle sein, z. B. "mit vier Grenzwerten" als Attribut oder mit zeichnerischen Attributen. Eine Klasse kann aber auch eine Zusammensetzung mehrerer Objekte zu sogenannten Assemblies ASS oder Bausätzen sein. Die zeichnerische Darstellung ergibt sich im Fall der Assemblies ASS aus den einzelnen Objekten KL zugeordneten Attributen K.

Als Katalog KAT kann ein beliebiges Datenbank- oder File-System zum Einsatz kommen. Besonders geeignet ist eine objektorientierte Datenbank, weil sie die Eingabe und Pflege der einzelnen Objektklassen und Instanzen erleichtert.

Im Katalog KAT sind neben den Objektklassen auch Modulregeln M gespeichert, die Objekte ohne graphische Repräsentanz sind. Eine Modulregel M kann beispielsweise besagen, daß alle Geber für Schutzeinrichtungen in einer 2von3-Technik ausgeführt sein müssen, was beispielsweise auf den Kesselschutz im Kraftwerk zutrifft.

In dem als Top-Down-Prozeß durchführbaren ersten Planungsschritt werden spezifische Prozeßmodul-Varianten SPM gebildet, wobei durch einen Abfrage-Diafog geführt eine Eingabe von Antworten auf modul-spezifische Fragen q und eine Eingabe von anlagen-weiten Vorgaben der Primärtechnik P1 erfolgt, und wobei unter Berücksichtigung dieser Vorgaben und unter Verwendung der gespeicherten Klassen KL die Platzhalter H durch konkrete Komponenten ersetzt werden.

Eine modul-spezifische Frage q könnte z. B. lauten "wie viele Stränge hat die Speisewasserversorgung?" Eine anlagen-weite Vorgabe P1 könnte z. B. lauten "Benutze als Kennzeichnungssystem das Kraftwerk-Kennzeichnungssystem KKS".

Die anlagen-weiten Vorgaben der Primärtechnik P1 werden entweder wie vorgenannt im Dialog vom Benutzer am Beginn des Projektes oder Planungsvorgangs einmal eingegeben oder angepaßt, oder stehen mit ihren Vorgabewerten von Anfang an unverändert zur Verfügung.

Die modul-spezifischen Fragen q ergeben zusammen mit den anlagen-weiten Vorgaben der Primärtechnik P1 einen ein-eindeutigen Lösungsraum bzw. Lösungsvektor, der genau einer Designvariante zugeordnet werden kann. Die so ausgewählte Variante ersetzt damit den jeweiligen Platzhalter H. Die einzelnen Designvarianten werden aus Objekten gebildet, die im Katalog KAT abgelegt sind:

Den spezifischen Prozeßmodul-Varianten SPM werden im ersten Planungsschritt – neben der Konkretisierung der Platzhalter H – auch alle weiteren Informationen und Daten beigelegt, die sich aus den Modulregeln M ergeben, und die im zweiten Planungsschritt benötigt werden.

Optional kann ein Zwischenschritt vorgesehen werden, der in Fig. 1 dargestellt ist, und in dem eine Nachbearbeitung oder Aktualisierung von im ersten Planungsschritt erarbeiteten spezifischen Prozeßmodul-Varianten SPM vorgenommen werden kann, so daß geänderte Prozeßmodul-Varianten GSPM entstehen. Für eine solche Aktualisierung können beispielsweise auch für den zweiten Planungsschritt vorgesehene Informationen und Daten (P2, D) herangezogen werden.

Der zweite Teil des Planungsprozesses wird als Bottom-Up-Prozeß unter Einsatz einer automatisiert arbeitenden Verarbeitungseinheit VE durchgeführt.

In diesem zweiten Planungsteil werden zuvor eingegebene und vorzugsweise in der Verarbeitungseinheit VE gespeicherte anlagen-weite Vorgaben der Sekundärtechnik P2 herangezogen. Eine solche Vorgabe oder Regel könnte z. B. lauten: "Wenn an einer Meßstelle dreibinäre Geber benötigt werden, ersetze sie durch einen analogen Geber". Derartige Vorgaben können in einem gesonderten Dialog vom Benutzer angepaßt werden oder unverändert in der gespeicherten Standardvorgabe zum Einsatz kommen.

Die Verarbeitungseinheit VE, in der alle verfügbaren Daten und Informationen zusammengeführt werden, ist in ihrer Ausprägung abhängig von der jeweils zu planenden Sekundärtechnik. Sie ist daher einzeln für jede Sekundärtechnik, wie z. B. Leittechnik oder Elektrotechnik vorhanden.

Der Verarbeitungseinheit VE wird außerdem zuvor, d. h. vor ihrer Einsatzbereitschaft, sekundärtechnik-spezifisches Wissen in Form von Domänen-Regeln D eingegeben, das im Planungsprozeß herangezogen wird. Eine solche Domänen-Regel kann beispielsweise lauten: "Jeder Verarbeitungsschritt einer Schrittsteuerung hat eine Startbedingung, eine Überwachungszeit und Weiterschaltbedingung, bzw. eine einheitliche Fehlerbehandlung". In der Verarbeitungseinheit VE erfolgt die sekundärtechnische Planung auf der Basis der Ergebnisse des ersten Planungsschritts oder gegebenenfalls des Zwischenschritts. Dabei werden mit den vorgegebenen Informationen, wie Topologie des betrachteten Prozeßbereiches, darin enthaltenen Objekten, generisch oder als Bausätze, die vorliegenden bzw. angehängte Regeln des Objektes, des Moduls, der Domain oder auch anlagenspezifische Regeln abgearbeitet. Eine abzuarbeitende Aufgabe kann z. B. lauten: "Suche alle Pumpenantriebe in dem vorgegebenen Bereich und projettierte jeweils eine Alarmmeldung bei Schutz-Aus".

Eine Nachbearbeitung von Ergebnissen des ersten Planungsteils kann aufgrund von Ergebnissen der sekundärtechnischen Planung erforderlich werden. Solche Ergänzungen entsprechen dem vorgenannten Zwischenschritt, der sowohl iterativ als auch rekursiv, auch automatisiert erfolgen kann.

Die Ergebnisse des sekundären Designprozesses können in Form von Dokumenten, vorzugsweise in elektronisch papierloser Form zur Verfügung gestellt werden. Sie sind vorzugsweise und bestimmungsgemäß ausführungsneutral, d. h. lösungssystemunabhängig gehalten.

Über ein Application Programming Interface (API) können alle Daten zum Zwecke der Weiterverarbeitung, z. B. in einem Planungswerkzeug eines spezifischen Lösungssystems, bereitgestellt werden.

1. Verfahren zur wissensbasierten Planung eines komplexen technischen Systems, wobei

a) in einem Gliederungsprozeß das System in einen den Planungsprozeß führenden primärtechnischen Teil (Primärtechnik) und wenigstens einen davon abhängigen sekundärtechnischen Teil (Sekundärtechnik) gegliedert wird,

b) in einem ersten Aufbereitungsprozeß der primärtechnische Teil in allgemeine Prozeß-Module (PM), die anpassungsfähige Platzhalter (H) für Komponenten enthalten, gegliedert wird,

c) in einem zweiten Aufbereitungsprozeß Klassen (KL) im objektorientierten Sinn einschließlich zugehöriger Attribute und Informationen definiert und in einem Katalog (KAT) gespeichert werden,

d) in einem als Top-Down-Prozeß durchgeführten ersten Planungsschritt spezifische Prozeßmodul-Varianten (SPM) gebildet werden, wobei durch einen Abfrage-Dialog geführt eine Eingabe von Antworten auf modul-spezifische Fragen (q) und eine Eingabe von anlagen-weiten Vorgaben der Primärtechnik (P1) erfolgt, und wobei unter Berücksichtigung dieser Vorgaben und unter Verwendung der gespeicherten Klassen (KL) die Platzhalter (H) durch konkrete Komponenten ersetzt werden,

e) in einem als Bottom-Up-Prozeß durchgeführten zweiten Planungsschritt, basierend auf den im ersten Planungsschritt gebildeten spezifischen Prozeß-Modul-Varianten (SPM), oder in einem Zwischenschritt noch geänderten Prozeß-Modul-Varianten (GSPM), sowie unter Berücksichtigung von zuvor eingegebener und gespeicherter anlagen-weiter Vorgaben der Sekundärtechnik (P2) und der gespeicherten Klassen (KL) mittels eines automatisiert arbeitenden Planungswerkzeugs (VE), das Sekundärtechnik-spezifisches Wissen in Form von Domänen-Regeln (D) enthält, lösungssystemunabhängige sekundärtechnische Planungsergebnisse erarbeitet und in einem Application Programming Interface (API) zur Weiterverarbeitung zur Verfügung gestellt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mittels einer Ausgabeeinrichtung (A) außerdem Ergebnisse (Aprim) des ersten Planungsschritts, also der primärtechnischen Planung, insbesondere auch Ergebnisse einer Nachbearbeitung aufgrund sekundärtechnischer Planungsergebnisse, ausgegeben werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß im Katalog (KAT) auch Modulregeln (M) gespeichert werden, die zur Bildung der spezifischen Prozeßmodul-Varianten (SPM, GSPM) herangezogen werden.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

